

## **Практическое занятие**

**Тема: «Дефекты и контроль качества сварных соединений».**

**Цель работы:** Изучить дефекты сварных швов и соединений и методы контроля качества сварных соединений.

**Порядок выполнения работы.**

1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Составить отчет.
3. Ответить на контрольные вопросы (устно).

**Сварные соединения могут иметь отступления от заданных размеров, формы и свойств. В процессе монтажа или эксплуатации эти отступления могут привести к разрушению сварного шва и даже всей конструкции. Каждое такое несоответствие требованиям, установленным нормативной документацией, называется «дефектом».**

**Задача контроля сварки заключается в выявлении дефектов сварных соединений, определении причин их возникновения и разработке мероприятий, направленных на устранение этих причин.**

**Дефекты сварных соединений.**

**Сварные соединения могут иметь дефекты, влияющие на их прочность. Все встречающиеся типы дефектов сварных соединений можно разделить на четыре группы: по расположению, форме, размерам и количеству.**

**По расположению различают дефекты наружные, внутренние и сквозные. По форме различают компактные и протяженные дефекты, плоские и объемные, острые (с надрезом) и округлые (без надреза); по размерам – мелкие, средние и крупные; по количеству – единичные и групповые (цепочки, скопления) дефекты.**

**К наружным относятся: трещины, подрезы, наплывы, кратеры.**

**К внутренним - пористость, непровары и посторонние включения.**

**К сквозным - трещины, прожоги.**

**Причинами возникновения дефектов могут быть низкое качество свариваемого металла, неисправное или некачественное оборудование, неверный выбор сварочных материалов, нарушение технологии сварки или неправильный выбор режима, недостаточная квалификация сварщика. Основные дефекты сварки, их характеристика, причины возникновения и способы исправления.**

**Трещины.** Это наиболее опасные дефекты сварки, способные привести к практически мгновенному разрушению сваренных конструкций с самыми трагическими последствиями. Трещины различаются по размерам (микро- и макротрещины) и времени возникновения (в процессе сварки или после нее).



Дефект сварного шва: трещина



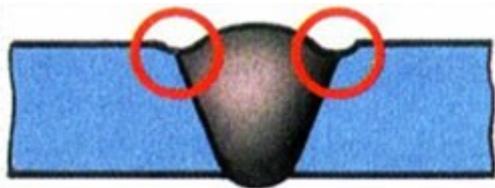
Дефекты сварного шва: трещины

Чаще всего причиной образования трещин является несоблюдение технологии сварки (например, неправильное расположение швов, приводящее к возникновению концентрации напряжения), неверный выбор сварочных материалов, резкое охлаждение конструкции. Способствует их возникновению также повышенное содержание в шве углерода и различных примесей - кремния, никеля, серы, водорода, фосфора.

Исправление трещины заключается в рассверливании ее начала и конца, с целью исключения дальнейшего распространения, удалении шва (вырубанию или вырезанию) и заваривании.

**Подрезы.** Подрезы - это углубления (канавки) в месте перехода "основной металл-сварной шов". Подрезы встречаются довольно часто. Их отрицательное действие выражается в уменьшении сечения шва и возникновении очага концентрации напряжения. И то и другое ослабляет шов. Подрезы возникают

из-за повышенной величины сварочного тока. Чаще всего этот дефект образуется в горизонтальных швах. Устраняют его наплавкой тонкого шва по линии подреза.

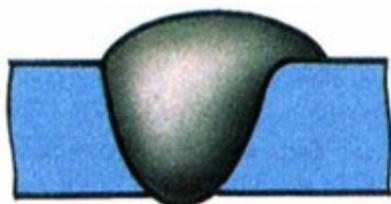


Подрезы сварного шва



Дефекты сварного шва: подрезы

**Напльвы.** Напльвы возникают, когда расплавленный металл натекает на основной металл, но не образует с ним гомогенного соединения. Дефект шва возникает по разным причинам – при недостаточном прогреве основного металла вследствие малого тока, из-за наличия окалины на свариваемых кромках, препятствующей сплавлению, излишнего количества присадочного материала. Устраняются напльвы срезанием с проверкой наличия непровара в этом месте.

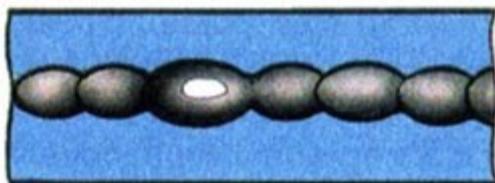


Напльв сварного шва



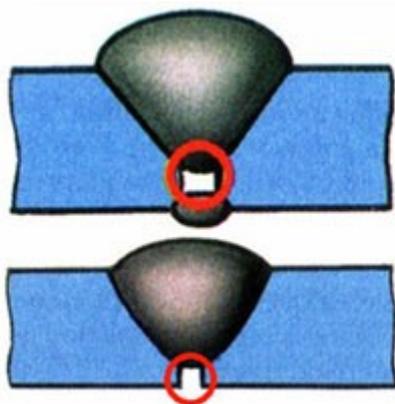
Дефекты сварного шва: наплывы

**Прожоги.** Прожогами называют дефекты сварки, проявляющиеся в сквозном проплавлении и вытекании жидкого металла через сквозное отверстие в шве. При этом обычно с другой стороны образуется натек. Прожоги возникают из-за чрезмерно высокого сварочного тока, недостаточной скорости перемещения электрода, большого зазора между кромками металла, слишком малой толщины подкладки или ее неплотного прилегания к основному металлу. Исправляют дефект зачисткой и последующей заваркой.



Прожог сварного соединения

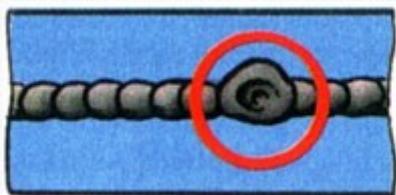
**Непровар.** Непровары - это локальные несплавления наплавленного металла с основным, или слоев шва между собой. К этому дефекту относят и незаполнение сечения шва. Непровары существенно снижают прочность шва и могут явиться причиной разрушения конструкции.



## Незаполнение и непровар шва

Дефект возникает из-за заниженного сварочного тока, неправильной подготовки кромок, излишне высокой скорости сварки, наличия на кромках свариваемых деталей посторонних веществ (окалины, ржавчины, шлака) и загрязнений. При исправлении нужно вырезать зону непровара и заварить её.

**Кратеры.** Это дефекты в виде углубления, возникающего в результате обрыва сварочной дуги. Кратеры снижают прочность шва из-за уменьшения его сечения. В них могут находиться усадочные рыхлости, способствующие образованию трещин. Кратеры надлежит вырезать до основного металла и заварить.

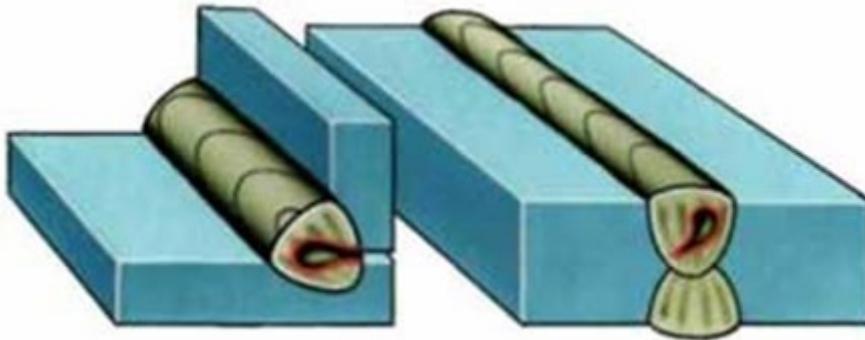


Кратер сварочного шва



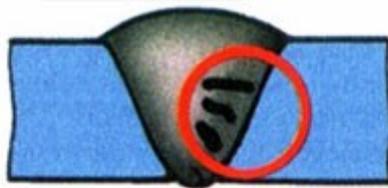
Кратер сварочного шва

**Свищи.** Свищами называют дефекты швов в виде полости. Как и кратеры, они уменьшают прочность шва и способствуют развитию трещин. Способ исправления обычный - вырезка дефектного места и заварка.



Свищи сварных швов

**Посторонние включения.** Включения могут состоять из различных веществ - шлака, вольфрама, окислов металлов и пр. Шлаковые включения образуются тогда, когда шлак не успевает всплыть на поверхность металла и остается внутри него. Это происходит при неправильном режиме сварки (завышенной скорости, например), плохой зачистке свариваемого металла или предыдущего слоя при многослойной сварке.



Посторонние включения сварного соединения

Вольфрамовые включения возникают при сварке вольфрамовым электродом, окисные - из-за плохой растворимости окислов и чрезмерно быстрого охлаждения.

Все виды включений уменьшают сечение шва и образуют очаг концентрации напряжения, снижая тем самым прочность соединения. Дефект устраняют вырезкой и завариванием.

**Пористость.** Пористость - это полости, заполненные газами. Они возникают из-за интенсивного газообразования внутри металла, при котором газовые пузырьки остаются в металле после его затвердевания. Размеры пор могут быть микроскопическими или достигать нескольких миллиметров. Нередко возникает целое скопление пор в сочетании со свищами и раковинами.



Пористость в сварном шве

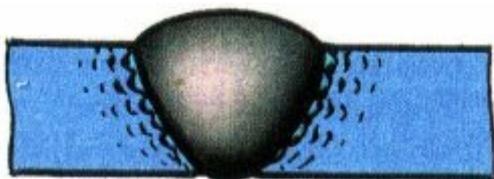


Пористость в сварном шве

Возникновению пор способствует наличие загрязнений и посторонних веществ на поверхности свариваемого металла, высокое содержание углерода в присадочном материале и основном металле, слишком высокая скорость сварки, из-за которой газы не успевают выйти наружу, повышенная влажность электродов. Как и прочие дефекты, пористость снижет прочность сварного шва. Зону с ней необходимо вырезать до основного металла и заварить.

**Перегрев и пережог металла.** Пережог и перегрев возникают из-за чрезмерно большого сварочного тока или малой скорости сварки. При перегреве размеры зерен металла в шве и околошовной зоне увеличиваются, в результате чего снижаются прочностные характеристики сварного соединения, главным образом - ударная вязкость. Перегрев устраняется термической обработкой изделия.

Пережог представляет собой более опасный дефект, чем перегрев. Пережженный металл становится хрупким из-за наличия окисленных зерен, обладающих малым взаимным сцеплением. Причины пережога те же самые, что и перегрева, а кроме этого еще и недостаточная защита расплавленного металла от азота и кислорода воздуха. Пережженный металл необходимо полностью вырезать и заварить это место заново.



Пережог металла шва

**Основные виды контроля качества сварных соединений.**

1.

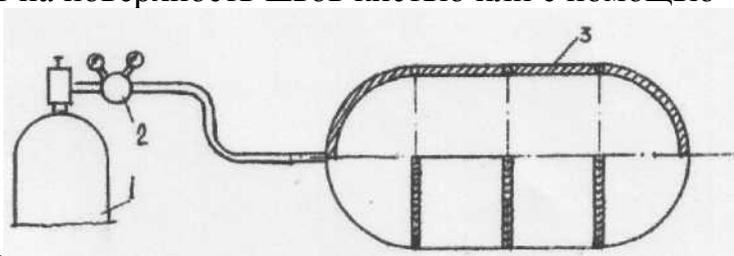
**Контроль внешним осмотром и обмером.** Внешний осмотр производится визуально при помощи лупы 8 или 10 – кратного увеличения. При этом обнаруживают наружные дефекты: ослабление или смещение шва, подрезы, поверхностные поры и свищи, наплывы, прожоги, выходящие на поверхность трещины и т.д.. Обмер сварного шва с целью определения соответствия его размеров требованиям нормативных документов производится с помощью универсального мерительного инструмента (линейка, штангенциркуль и т.д.) или специальными шаблонами и приборами. При этом определяется ширина и выпуклость шва, или катеты и выпуклость (вогнутость) углового шва. Иногда для обнаружения наружных дефектов используют технические средства (краска «Судан», люминесцентный метод и т.д.).

**2. Контроль методами течеискания.** Известно несколько способов проверки сварных конструкций на непроницаемость (герметичность): гидроиспытания, пневмоиспытания, вакуумирование, аммиачная проба, проверка гелием течеискателем и т.д.

а) *Испытание статическим давлением газов* (воздухом, азотом и др.) с обмазкой швов мыльным раствором. После герметизации

контролируемой системы (линии трубопровода, сосуда) в ней создают испытательное давление, равное обычно 1,1...1,25 рабочего давления.

Выявление течи производят с помощью пенообразующих составов (мыльной водой), которыми покрывают снаружи все швы. В местах, где имеются сквозные дефекты, под действием выходящего воздуха образуются пузырьки, по которым и определяют место нахождения дефекта. Пенообразующее вещество наносят на поверхность швов кистью или с помощью



пульверизаторов.

Рис. 1. Пневмоиспытания сварных соединений емкости:

1 – баллон с газом; 2 – редуктор; 3 – контролируемое изделие.

б) *Испытания керосином.* При керосиновом способе сварное соединение простукивают молотком на расстоянии 30...40 мм от шва и тщательно очищают от шлака, масла и других загрязнений. После очистки на поверхность швов

наносят тонкий равномерный слой меловой суспензии. Эту операцию лучше выполнять с помощью пульверизатора, так как при использовании кисти суспензия наносится неровно, возможны попадания в неплотности воды и мела, что снижает выявление дефектов. После высыхания суспензии противоположную сторону сварного шва многократно (5...15 раз) и обильно смачивают керосином. В местах течей на меловой суспензии появляются темные пятна.

*в) Испытание аммиаком.* Полые изделия заполняют сжатым воздухом с добавлением 1% аммиака, а швы закрывают бумагой, пропитанной 50% раствором азотной кислоты. При наличии неплотностей на бумаге появляются черные пятна.

*г) Люминесцентный метод.* Деталь погружают на 20...30 мин в смесь керосина и масла, а затем вытирают насухо и погружают в порошок магнезии, прилипающей в местах появления масла (над трещинами).

*д) Испытание поливом.* Подвергают громоздкие изделия, у которых есть доступ к швам с двух сторон. Одну сторону изделия поливают водой из шланга под давлением и проверяют герметичность швов с другой стороны.

*е) При гидравлическом испытании с давлением* сосуд наполняют водой и создают избыточное давление, превышающее в 1,2—2 раза рабочее давление. В таком состоянии изделие выдерживают в течение 5-10 минут. Герметичность проверяют по наличию влаги наливом и величине снижения давления. Все виды гидравлических испытаний проводят при положительных температурах.

**3. Методы обнаружения внутренних дефектов.** Для обнаружения внутренних дефектов сварного соединения – пор, трещин, непровара, вольфрамовых и шлаковых включений – используются различные виды неразрушающего контроля, основанные на различных физических явлениях, из которых в строительстве наиболее часто применяют: рентгено – и гаммаграфирование, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия.

***Рентгенографический метод контроля*** сварных соединений. Это наиболее совершенный метод определения качества сварных швов без их разрушения. Наиболее распространенные промышленные рентгеновские установки позволяют контролировать листовую сталь толщиной до 100 мм.

Рентгенографирование проводится в специальном помещении со свинцовой защитой обслуживающего персонала. Рентгеновские лучи являются электромагнитными колебаниями с длиной волны  $2 \times 10^{-8} \dots 6 \times 10^{-11}$  см. При просвечивании пучок рентгеновских лучей из трубки направляется на сварное соединение и, проходя через него, воздействует на фотопленку, размещенную в кассете. Контроль швов основан на способности этих лучей проникать сквозь тела, поглощаясь в различной степени в зависимости от толщины и свойств материала.

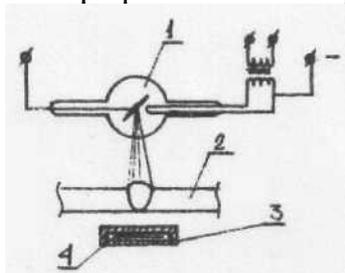
1 – рентгеновская трубка;

2 – сварное соединение;

3 – кассета;

4 - фото пленка

Рис. 2. Рентгенографический контроль сварных



соединений

После проявления негативной пленки на ней видны

- сварной шов, более светлый, чем остальное поле пленки;
- трещины в виде резких, извилистых или зигзагообразных темных линий вдоль или поперек шва;
- непровар в виде резких прямых или пунктирных линий вдоль шва;
- поры, в виде округлых или вытянутых темных пятен или точек;
- шлаковые включения, в виде серых пятен неправильной формы;
- вольфрамовые включения в виде белых пятен неправильной формы или точек.

Дешифровка рентгенографических снимков производится на *негатоскопе*–фонаре с регулировкой силы и площади света и с местом для установки снимков. В заключении, составляемом по каждому снимку, указываются обнаруженные дефекты с помощью условных обозначений.

Гамма-излучатели обладают значительной интенсивностью и позволяют контролировать металл большей толщины. Но гамма-излучение представляет большую опасность при неосторожном обращении, поэтому пользоваться этим методом можно только после соответствующего обучения.

К недостаткам радиографического контроля относят тот факт, что просвечивание не позволяет выявить трещины, расположенные не по направлению основного луча.

**Магнитные методы.** Основаны на рассеивании магнитных потоков в дефектных местах изделия и позволяют выявлять мелкие трещины и поры шва.

Для этого к изделию подключают сердечник электромагнита. На поверхность намагниченного соединения наносят железные опилки, окалину и т.д., реагирующие на магнитное поле. В местах дефектов на поверхности изделия образуются скопления порошка. Чтобы порошок легко перемещался под воздействием магнитного поля, изделие слегка постукивают, придавая мельчайшим крупинкам подвижность. Поле магнитного рассеивания можно фиксировать специальным прибором, называемым магнитографическим дефектоскопом. Качество соединения определяют методом сравнения с эталонным образцом. Простота, надежность и дешевизна метода, а главное его высокая производительность и чувствительность позволяют использовать его при монтаже ответственных трубопроводов.

### *Ультразвуковой метод*

Ультразвуковой метод основан на использовании ультразвуковых колебаний, которые представляют собой колебания упругой среды со сверхвысокими частотами. Ультразвуковые волны способны проникать в металл на большую глубину и отражаться от неметаллических включений, находящихся в нем.

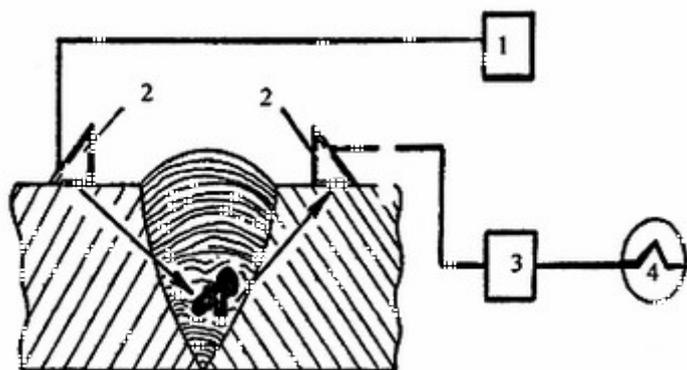


Рис. 3. Схема ультразвукового контроля: 1 - генератор ультразвуковых колебаний; 2 — пьезоэлектрический щуп; 3 — усилитель; 4 — экран дефектоскопа.

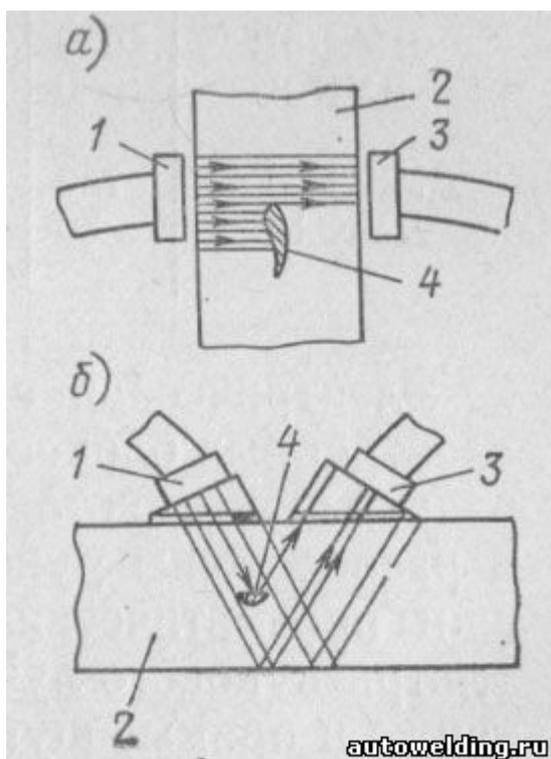


Рис.4. Теневой и эхо-импульсный метод контроля.

При теневом методе (рис. 4, а) ультразвуковые волны, идущие через сварной шов от источника ультразвуковых колебаний (щупа-излучателя), при встрече с дефектом не проникают через него, так как граница дефекта является границей двух разнородных сред (металл — шлак или металл — газ). За дефектом образуется область так называемой «звуковой тени». Интенсивность ультразвуковых колебаний, принятых щупом-приемником, резко падает, а изменение величины импульсов на экране электронно-лучевой трубки дефектоскопа указывает на наличие дефектов. Этот метод имеет ограниченное применение, так как необходим двусторонний доступ к шву. В ряде случаев требуется снимать

усиление шва. При эхо-импульсном методе (рис. 4,б) щуп-излучатель посылает через сварной шов импульсы ультразвуковых волн, которые

при встрече с дефектом отражаются от него и улавливаются щупом-приемником. Эти импульсы фиксируются на экране электронно-луче-

вой трубки дефектоскопа в виде пиков, свидетельствующих о наличии дефекта. Измеряя время от момента посылки импульса до приема обратного сигнала, можно определить и глубину залегания дефектов. Основное достоинство этого метода состоит в том, что

контроль можно проводить при одностороннем доступе к сварному шву без снятия усиления или предварительной обработки шва. Этот метод получил наибольшее применение при ультразвуковой дефектоскопии сварных швов.

### **Содержание отчета.**

1. Зарисовать эскизы расположения внутренних и внешних

дефектов, объяснить причины их появления и сделать указания по

исправлению этих дефектов.

2. Ознакомиться со свойствами ультразвука и основами ультразвуковой дефектоскопии; зарисовать схемы проведения ультразвуковой дефектоскопии.

.

### **Контрольные вопросы.**

1. Какие дефекты сварных соединений являются внешними и внутренними?
2. Что называют непроваром, наплывом, подрезом, шлаковым включением, пористостью, трещиной?
3. Какими методами контроля проверяют качество сварных швов?
4. Каковы причины образования разных видов дефектов?
5. Какие цели преследуются при разных способах контроля сварных швов?